

Janne Paloviita

Ajouraopastin peltoviljelyssä

Opinnäytetyö
Kevät 2013
Maa- ja metsätalouden yksikkö
Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Maa- ja metsätalouden yksikkö

Koulutusohjelma: Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Maatalouden tuotantotalous

Tekijä: Paloviita Janne

Työn nimi: Ajouraopastin peltoviljelyssä

Ohjaaja: Törmä Juhani

Vuosi: 2013 Sivumäärä: 33 Liitteiden lukumäärä:

Tämä opinnäytetyö käsittelee ajouraopastimen tekniikkaa ja käyttöä peltoviljelyssä. Tarkoituksena oli selvittää, pystytäänkö nykyaikaisella ajouraopastimella kohtuullisin kustannuksin toteuttamaan käytännöllinen järjestelmä, jolla tarkennetaan peltoviljelyä. Lisäksi ajouraopastin hankittiin, asennettiin sekä käyttöön otettiin tilalle, josta tämä työ on saatu toimeksiantona.

Ajouraopastimen toiminta perustuu satelliittipaikannukseen. Saatuaan yhteyden vähintään kolmeen GNSS- satelliittiin, pystyy laite määrittämään sijaintinsa. Nykyisin saatavilla olevien korjaussignaalien avulla pystytään paikannusta tarkentamaan riittävän luotettavaksi myös tarkkuutta vaativia peltotöitä varten. Ajouraopastinta käytettäessä työskentely helpottuu ja ajotarkkuus paranee, jolloin myös tuotantopanoksia säästyy.

Tilalle hankitun ajouraopastimen asennus onnistui vaivattomasti ja lopputulos oli siisti. Koeajon perusteella laitteen käytettävyyden osoittautui hyväksi. Luotettavan paikannustarkkuuden ja käytettävyyden ansiosta ajouraopastimella pystytään tarkentamaan tilan olosuhteissa etenkin nurmen lannoitusta. Merkittävästi ajouraopastimesta on apua lannoitettaessa suuria peltolohkoja, jolloin oikeaa ajolinjaa ei tarvitse enää arvailla. Kalliit tuotantopanokset pystytään kohdentamaan oikein.

Avainsanat: satelliittipaikannus, peltoviljely

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: Ilmajoki School of Agriculture and Forestry

Degree programme: Agriculture and Rural Enterprises

Specialisation: Agricultural Production and Economics and Farm Management

Author/s: Paloviita Janne

Title of thesis: Guidance display in arable farming

Supervisor(s): Törmä Juhani

Year: 2013 Number of pages: 33 Number of appendices:

This thesis is about the technology of guidance display and its usage in arable farming. The aim of the thesis is to examine the possibility of using the guidance display for more accurate arable farming with reasonable costs. The guidance display was purchased, installed and implemented to the subject farm.

The function of the guidance display is based on the satellite radiodetermination. The device can determinate its location when connected to three different GNSS-satellites. Nowadays the accuracy of the system can be improved for more demanding arable farming with certain correction signals. The guidance display working becomes easier and more accurate which decreases the material costs.

The installation of the guidance display on the subject farm was successful and clean. During the test drive the usage of the device proved to be good. Because of the reliable position accuracy and easy usage the guidance display can be taken in to advance especially in fertilization. The guidance display was especially helpful in fertilizing the large field areas, because the right driving direction is easier to remain the same. Using the guidance display the expensive fertilizers can be focused correctly.

Keywords: arable farming, satellite radiodetermination

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet	6
1 JOHDANTO	7
2 SATELLIITTIPAIKANNUS.....	8
2.1 Satelliittipaikannuksen historia	8
2.2 GNSS- järjestelmä	9
2.3 Korjaussignaalit.....	11
2.3.1 Egnos.....	11
2.3.2 RTK ja VRS.....	12
3 AJOURAOPASTIN.....	14
3.1 Ajouraopastin peltoviljelyssä	14
3.2 Ajouraopastimen ominaisuudet ja lisäsovellukset	16
3.2.1 Automaattiohjaus	17
3.2.2 Lohkoautomaatiikka	18
3.2.3 Täsmäviljely	19
3.2.4 Kamerat	20
3.3 Laitteiden yhteensopivuus.....	21
4 AJOURAOPASTIN- JÄRJESTELMÄN TOTEUTUS	23
4.1 Tilan olosuhteet.....	23
4.2 Laitteistolta vaadittavat ominaisuudet	23
4.3 Laitteiston hankinta	24
4.4 Laitteiston asennus	25
4.5 Laitteiston käyttöönotto	27
5 POHDINTAA	29
LÄHTEET	31

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1 Egnos korjauspalvelun toimintaperiaate (Airos ym. 2008, 33).	12
Kuva 2 Trimble R8 GNSS- vastaanotin hyödyntää R-Track- teknologiaa, joka lisää sijainnin tarkkuutta (Trimble R8 GNSS-vastaanotin, [viitattu: 22.3.2013]).....	13
Kuva 3 Traktorin ohjaushydrauliikkaan asennettava automaattiohjausjärjestelmä (Avaruudesta apua maanviljelyksen haasteisiin 2006).	17
Kuva 4 Trimble EZ-Boom lohkoautomaatiojärjestelmä (EZ-Boom lohkoautomaatio, [viitattu: 22.3.2013]).	19
Kuva 5 Peltolohkon lannoitusvyöhykkeet (Pesonen ym. 2010, 21).....	20
Kuva 6 Ajouraopastimeen liitettävä kamera (Digitaalikamera ajouraopastimelle, [viitattu: 22.3.2013]).	21
Kuva 7 Teline valmiiksi hitsattuna, sekä maalattuna ja kojelautaan asennettuna.	26
Kuva 8 Ajouraopastimen näkymä työskenneltäessä.....	27

Käytetyt termit ja lyhenteet

CAN	Controller Area Network, ajoneuvon automaation tiedon-siirtoväylä.
Egnos	European Geostationary Navigation Overlay Service, GPS-paikannusta tarkentava ilmainen järjestelmä, joka lähettää korjaustiedot satelliitin avulla.
Galileo	Eurooppalainen valmisteilla oleva satelliittipaikannusjär-jestelmä
GLONASS	Venäläinen satelliittipaikannusjärjestelmä
GNSS	Global Navigation Satellite Systems, yhteisnimitys kaikille satelliittipaikannusjärjestelmille.
GPS	Global Positioning System, Yhdysvaltain hallinnoima ylei-sin satelliittipaikannusjärjestelmä.
RTK	Real Time Kinematic, GPS-tarkennus, joka perustuu omaan tukiasemaan.
VRS	Virtual Reference Station, GPS-tarkennus, joka perustuu maanpäälliseen tukiasemaverkostoon.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä ajouraopastimen tekniikkaan ja käyttöön peltoviljelyssä, sekä satelliittipaikannukseen, joka on oleellinen osa paikanmäärittystä. Lisäksi ajouraopastin hankittiin ja asennettiin sekä käyttöön otetaan tilalle, josta tämä työ on saatu toimeksiantona. Tehtävänä on selvittää pystytäänkö nykyaikaisella ajouraopastimella toteuttamaan kohtuullisin kustannuksin käytännöllinen järjestelmä jolla pystytään tarkentamaan etenkin nurmen lannoitusta.

Opinnäytetyöstä on rajattu pois tarkempi taloudellinen tarkastelu. Ajouraopastimen hankinnasta ja käytöstä muodostuvat kustannukset on helppo laskea, mutta laitteella saavutetut hyödyt ovat tilakohtaisia ja niihin vaikuttaa moni asia. Ilman perusteellisempaa tutkimusta ei esimerkiksi rahallista hyötyä pystytä luotettavasti mittaamaan.

Ajouraopastimen toiminta perustuu paikanmäärittämiseen, joka toteutetaan satelliittien avulla. Saatuaan vähintään kolmen GNSS- satelliitin signaalin pystyy laite määrittämään sijaintinsa. Saatavilla on myös korjaussignaaleja, joiden avulla paikannuksesta saadaan riittävän luotettava tarkkuutta vaativia peltotöitä varten.

Peltotyökoneilla työskennellessä kuljettaja joutuu jatkuvasti arvioimaan oikeaa ajoalinjaa ja samalla säätämään työkonetta. Ajouraopastimen avulla työskentely helpottuu ja samalla tuotantopanoksia säästyy, sillä ajotarkkuus paranee. Ajouraopastimella pystytään työskentelemään myös näkyvyyden ollessa huono, esimerkiksi pölyn keskellä tai auringon vastavalossa.

Ajouraopastimia on saatavana usealta eri valmistajalta. Eri mallien ominaisuudet vaihtelevat paljon, joten on tilakohtainen asia miettiä, millainen laite soveltuu parhaiten omiin tarpeisiin. Ajouraopastimiin pystytään asentamaan myös runsaasti lisäsovelluksia, kuten esimerkiksi automaattiohjauksen.

Tilalle asennettavaksi ajouraopastimeksi valikoitui Trimble CFX-750. Laite asennetaan traktoriin, jonka lisäksi arvioidaan sen toimivuutta ja käytettävyyttä peltoviljelyssä.

2 SATELLIITTIPAIKANNUS

Satelliittien mahdollistama paikannus liittyy kiinteästi navigointiin. Paikannus tarkoittaa oman sijainnin määrittystä ja navigointi liittyy kohteen sijainnin määrittämiseen. Molempia tarvitaan paikkatietoon perustuvassa viljelyssä. (Haapala, Hirvenoja & Pesonen 1994, 17)

2.1 Satelliittipaikannuksen historia

Ennen satelliittimenetelmien aikakautta ainoana maailmanlaajuisena paikannusmenetelmänä voitiin pitää tähtitieteellisiin mittauksiin perustuvia menetelmiä. Määrittämällä havaintoaikaa ja tähtien korkeuskulmaa pystyttiin havaitsijan paikka määrittämään. Tähtitieteellinen paikannus vaati runsaasti tietotaitoa ja oli hyvin hidasta, sekä täysin riippuvainen sääolosuhteista. (Laurila 2008, 287–288)

Ensimmäinen varsinainen satelliitti on lähetetty matkaan Neuvostoliiton toimesta vuonna 1957. Alusta alkaen oli selvää, että satelliitteja pystyttäisiin hyödyntämään paikannustekniikassa. USA kehitti Transit Doppler paikannusjärjestelmän sotilaskäyttöön 1960-luvun alussa ja alle kymmenessä vuodessa järjestelmä vapautettiin myös siviilikäyttöön. Tämän katsotaan luoneen eräänlaisen perustan GPS-järjestelmälle. (Laurila 2008, 288)

Yhdysvaltain puolustusministeriö teki vuonna 1973 päätöksen keskeyttää vanhat järjestelmät ja korvata ne uudella paikannusjärjestelmällä, josta käytetään lyhennettä GPS. Vaikka kyseessä oli ensisijaisesti sotilaalliseen käyttöön tarkoitettu järjestelmä, toteutettiin se hallitusti ja järkevästi myös siviilikäyttöä ajatellen (Laurila 2008, 289). Järjestelmän ensimmäinen satelliitti lähetettiin matkaan vuonna 1978. Aluksi GPS oli pelkästään Yhdysvaltojen puolustusministeriön käytössä, kunnes vuonna 1984 järjestelmä tuli myös siviilien käyttöön kaikkialla maapallolla. Kun toiminnassa oli kaikkiaan 24 satelliittia, julistettiin GPS huhtikuussa 1995 olevan operatiivisesti täysin valmis. (Miettinen 2006, 23–25)

Satelliittipaikannus ei ole ollut ainoastaan GPS-järjestelmän varassa (Laurila 2008, 289). GLONASS on venäläisten kehittämä paikannusjärjestelmä, joka on hyvin

GPS- järjestelmän tapainen. Ensimmäinen GLONASS- satelliitti laukaistiin vuonna 1982, mutta vasta vuosina 1994–1995 toiminnassa oli tarvittava määrä satelliitteja, yhteensä 24 kappaletta. Täydessä toiminnassa järjestelmä oli vain hetken 1990-luvun puolessavälissä. Toimivien satelliittien määrä väheni nopeasti, johtuen lähinnä niiden lyhyestä eliniästä. Uusia satelliitteja on 2000-luvulla lähetetty keskimäärin kolme vuodessa, joten järjestelmää on pystytty ylläpitämään 8-12 toimivan satelliitin voimin. Vuonna 2005 päivitetyn GLONASS- kehitysohjelman mukaan järjestelmän toimivuutta olisi tarkoitus kohentaa vastaamaan GPS-järjestelmän tarkkuutta. (Airos, Korhonen & Pulkkinen 2007, 26–29)

GPS- ja GLONASS- järjestelmät ovat eurooppalaisesta näkökulmasta katsottuna ongelmallisia, sillä ne on alun perin kehitetty sotilaskäyttöön, ja niitä hallinnoivat sotilasviranomaiset. Näille satelliiteille tehtävät toimenpiteet tai niiden saatavuus eivät ole eurooppalaisten päätettävissä. Tämän vuoksi Eurooppaan on haluttu oma, erityisesti siviilielämän tarpeita palveleva riippumaton satelliittipaikannusjärjestelmä. (Airos ym. 2008, 32)

Vuonna 1994 Euroopan Avaruusjärjestön ja Euroopan komission projektin myötä otettiin ensimmäinen askel kohti eurooppalaista satelliittipaikannusjärjestelmää. Projektin ydin oli kehittää EGNOS- niminen satelliittipohjainen tarkennusjärjestelmä, joka parantaa paikannuksen tarkkuutta. Varsinaisen paikannusjärjestelmän kehitys alkoi EU:n liikekomission suosituksesta vuonna 1999. Hyvin paljon GPS-tekniikkaa jäljittelevä järjestelmä sai nimekseen Galileo. Ensimmäinen Galileo-satelliitti lähetettiin matkaan vuonna 2005 ja kokonaisuudessaan järjestelmän piti olla valmis vuonna 2008. Hanke ei kuitenkaan ole edennyt ajallaan ja aikatauluja on tarkennettu. (Airos ym. 2008, 32–33) Viimeisimmän arvion mukaan järjestelmän odotetaan olevan täydessä maailmanlaajuisessa toimintakunnossa vuonna 2019 (Härkönen 2012, 24).

2.2 GNSS- järjestelmä

Nykyisin GPS ja GLONASS ovat ainoat toimivat GNSS- järjestelmät eli maailmanlaajuiset satelliittipaikannusjärjestelmät. Tulevaisuuden GNSS- järjestelmiä tulevat olemaan Galileon lisäksi myös kiinalainen Compass, jonka on tarkoitus saavuttaa

maailmanlaajuinen peitto vuoteen 2020 mennessä. GNSS- järjestelmään kuuluvat satelliitit kiertävät maapalloa noin 20 000 kilometrin korkeudella. Jotta paikannus onnistuu, on käyttäjän saatava vastaanottimellaan vähintään kolmen satelliitin lähettämä radiosignaali. Vastaotin laskee saatujen signaalien perusteella etäisyyden kuhunkin satelliittiin, jolloin laite pystyy kolmiomittauksen perusteella paikannääritykseen. (Härkönen 2012, 24)

Kehittyneet paikannuslaitteet pystyvät vastaanottamaan kaikkia GNSS- signaaleja, mutta tyypillinen käyttäjä hyödyntää ainoastaan GPS- satelliitteja. Suomen pohjoisesta sijainnista huolimatta löytyy taivaaltamme käytännössä aina riittävä määrä GPS- satelliitteja paikannusta varten.

Ensisijaisesti sotilaskäyttöön luodun GPS- järjestelmän kehitystyön tavoitteita oli muun muassa kahden metrin paikannustarkkuus sekä kyky sietää häiriöitä. Tavoitteena oli myös järjestelmän yksisuuntaisuus, joka tarkoittaa, että signaali satelliitin ja paikannuspalvelun käyttäjän välillä kulkee vain yhteen suuntaan. Satelliitti lähettää ja käyttäjä vastaanottaa signaalin ja sen sisältämän tiedon. (Laurila 2008, 290)

Kyseisen palvelun avulla pystytään kaikkialla maapallolla määrittelemään sijainti ja nopeus vuorokauden ajasta tai säästä riippumatta. Järjestelmä on myös oleellinen väline ajan määrittämiseen, sillä maailmanlaajuiset tietoverkostot synkronoidaan GPS- järjestelmää hyödyntäen. (Laurila 2008, 290)

GPS- järjestelmän rakennetta kuvattaessa sen katsotaan muodostuneen kolmesta lohkoista: (Laurila 2008, 290)

1. Satelliittilohko
2. Valvontalohko
3. Käyttäjälohko

Satelliittilohko koostuu satelliiteista, jotka kiertävät maapalloa kuudessa eri rata- tasossa noin 20 200 kilometrin korkeudella. Satelliitteja on toiminnassa aina vähintään 24, sillä se on järjestelmän niin sanottu toiminnallinen laajuus. (Laurila 2008, 290)

Valvontalohkoon sisältyy keskusasema sekä lukuisat antenni- ja seuranta-asemat. Päävalvonta-aseman tehtävä on ohjata järjestelmää sekä tehdä tarvittaessa korjauksia ja päivityksiä. Seuranta-asemat keräävät tietoa seuraamalla tapahtumia taivaalla ja välittävät saadun datan keskusasemalle. Antenniasemien välityksellä tiedot lähetetään satelliiteille. (Miettinen 2006, 33)

Käyttäjälohko muodostuu paikannuspalvelun käyttäjistä (Laurila 2008, 290). Palvelulle on lukuisia erilaisia käyttötarkoituksia. Tyypillisin käyttäjä on autoileva ihminen, joka määrittää sijaintinsa ja nopeutensa navigaattorin avulla. Älypuheliin on saatavilla kymmenittäin sovelluksia, jotka hyödyntävät paikannuspalvelua. Yhdellä painikkeella älypuhelin määrittää sijaintinsa ja hakee Internetistä alueen sääennusteen.

Satelliittien lähettämä signaali, jonka avulla käyttäjät määrittävät sijaintiaan, koostuu kolmesta osasta. Ensimmäinen osa on kantoaallot, L1 ja L2, joiden taajuudet ovat 1575,42 MHz ja 1227,60MHz. Toinen osa on paikannuskoodit, sotilaskäyttöön tarkoitettu P-koodi L1- ja L2-taajuuksilla sekä siviilikäyttöön tarkoitettu C/A-koodi L1-taajuudella. Kolmas osa on navigointiviesti, joka pitää sisällään aikaan ja satelliittien ratoihin liittyvät tiedot. (Laurila 2008, 294)

2.3 Korjaussignaalit

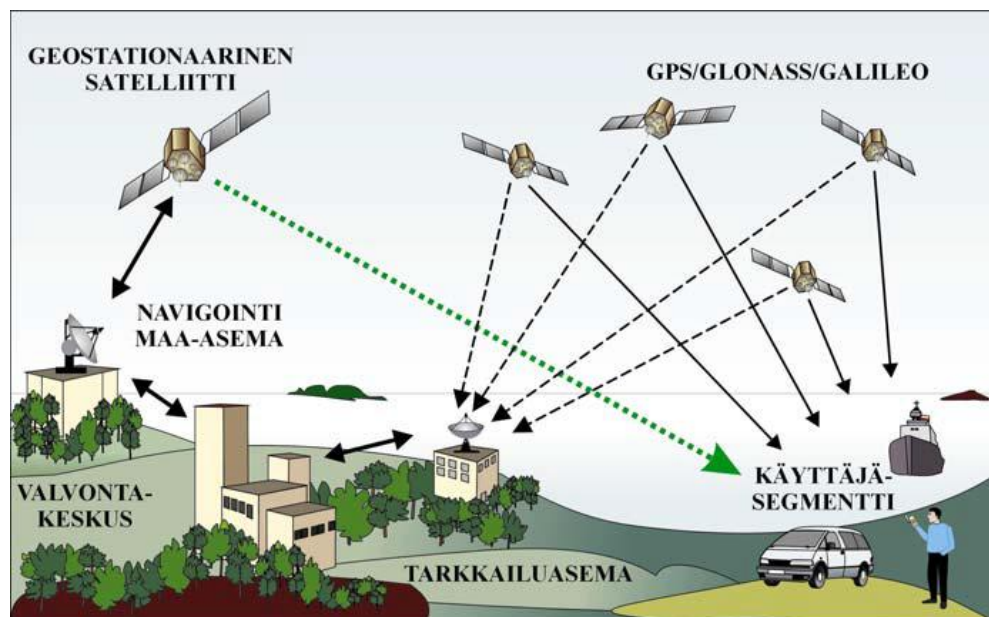
Maataloudessa paikannusjärjestelmältä vaaditaan usein jopa senttimetrien tarkkuutta. Pelkät GPS- signaalit eivät luo riittävää tarkkuutta, joten sitä on tarkennettava erilaisilla saatavissa olevilla korjausmenetelmillä. (Trimblen GPS- 2011, 3) Korjausdata pyrkii jatkuvasti korjaamaan mittausvirhettä, joka aiheutuu ilmakehän ja satelliittien muuttuvista olosuhteista (Tiusanen 2013, 69).

2.3.1 Egnos

Euroopassa käytettävissä oleva Egnos korjauspalvelu perustuu differentiaalipaikannukseen eli DGPS- tekniikkaan (Trimblen GPS- 2011, 3). Egnos tarkoittaa pai-

kannusta juuri sen verran, että se mahdollistaa sellaiset palvelut ja tekniikan, joille tavallinen GPS- signaalin tarkkuus ei riitä (Kotilainen 2009).

Egnos järjestelmä rakentuu maa-asemista, jotka jatkuvasti tarkkailevat satelliitteja ja niiden signaaleja. Kerättyjen tietojen perusteella muodostuu korjausviesti, joka kolmen geostationäärisen satelliitin kautta lähetetään palvelun käyttäjille (Kuva 1 Egnos korjauspalvelun toimintaperiaate (Airos ym. 2008, 33).). (Airos ym. 2007, 32) Nämä satelliitit sijaitsevat päiväntasaajan yläpuolella, noin 36 000 kilometrin korkeudessa (Miettinen 2006, 55). Suomessa geostationääriset satelliitit ovat maasta katsottuna alhaalla horisontissa, joten niiden signaali saattaa olla paikoin heikko (Laurila 2008, 307). Käytännössä katvealueita muodostavat herkästi puustot, rakennukset tai muut korkeat maaston esteet. Parhaiten signaali toimii avarassa paikassa, jossa näkyvyys etelätaivaan horisonttiin on esteetön. Kehittyneimpien paikannuslaitteiden OnPath- järjestelmän muistin ansiosta pienistä katvealueista ei ole haittaa (Härkönen 2012, 24).



Kuva 1 Egnos korjauspalvelun toimintaperiaate (Airos ym. 2008, 33).

2.3.2 RTK ja VRS

Parhaaseen tarkkuuteen mittaus- ja kartoitustekniikassa päästään reaaliaikaisella kinemaattisella mittauksella eli RTK-mittauksen avulla. RTK-mittauksessa tarvitaan vertailuvastaanotin, joka sijaitsee tunnetussa paikassa, eli se toimii tu-

kiasemana. Tukiaseman ja paikantavan vastaanottimen välinen yhteys toteutetaan joko GSM-puhelimen tai radiomodeemin avulla. Radiomodeemin toimintaetäisyys riippuu maastosta, mutta se on noin muutama kilometri. (Laurila 2008, 322) RTK-mittauksella saavutetaan jopa liikkuvassa ympäristössä jatkuva, noin tuuman tarkkuus (Pesonen, Kaivosoja & Suomi 2010, 24).

Korjaussignaali käyttäjä saa joko omalta tukiasemalta, joka on hinnaltaan 5 000-8 000 €, tai vaihtoehtoisesti signaali vastaanotetaan maksulliselta VRS- tukiasema verkolta. Suomessa kahdella yrityksellä, Leica Geosystemsillä ja Geotrimillä, on koko maan kattava VRS-korjausverkko (Tiusanen 2013, 65). Verkosto koostuu yli sadasta tukiasemasta ja niihin liittyvästä laskentakeskuksesta. VRS on varteenotettava vaihtoehto silloin, kun työskennellään laajalla alueella ja työkohteet vaihtuvat usein. Yhteydenpito perustuu matkapuhelinverkostoon, joten yhteys saadaan myös sellaisiin paikkoihin, minne kiinteän RTK-tukiaseman kantavuus ei riitä. (Härkönen 2012, 24)

Kuvan (**Virhe. Viitteen lähdettä ei löytynyt.**) vastaanottimella saadaan tarkka ja luotettava sijainti myös sellaisissa paikoissa, joissa on runsaasti maastoesteitä. Laitteella pystytään vastaanottamaan kaikkia GNSS- signaaleja, minkä lisäksi se sisältää UHF- radion tai GSM- modeemin, joten myös RTK- korjaussignaali saadaan tarvittaessa käyttöön. (Trimble R8 GNSS- vastaanotin, [viitattu: 22.3.2013])



Kuva 2 Trimble R8 GNSS- vastaanotin hyödyntää R-Track- teknologiaa, joka lisää sijainnin tarkkuutta (Trimble R8 GNSS-vastaanotin, [viitattu: 22.3.2013]).

3 AJOURAOPASTIN

Ajouraopastin on laite, jonka tehtävä on helpottaa ja tarkentaa peltotyökoneilla tehtäviä töitä. Traktoriin tyypillisesti asennettava ajouraopastin kertoo kuljettajalle työskenneltäessä oikean ajolinjan. Laitteistoon on saatava lukuisia lisäominaisuuksia, kuten automaattiohjaus ja työkoneen automaatioon liittyvät sovellukset.

Hankittava laite, kuten tässä tapauksessa ajouraopastin, tulisi tuottaa enemmän lisäarvoa kuin aiheuttaa kustannuksia. Lisäarvona voidaan pitää vaikka työn laadun paraneminen tai työn nopeutuminen ja helpottuminen. (Tuure & Suomi 2008, 2)

3.1 Ajouraopastin peltoviljelyssä

Tuotantopanosten hintojen ja työkoneiden työleveyksien kasvaessa on ajotarkkuuden merkitys huomattavasti lisääntynyt. Työleveyden ollessa suuri on usein vaikea havainnoida, missä työkoneen reuna kulkee. Tällöin kuljettaja ajaa helposti varmistellen siten, että ajolinjat menevät hieman ristiin, jolloin työkoneen kapasiteetista jää noin 10 % käyttämättä. Työkoneen tehollisesti käytettävän työleveyden vaihtelu vaikuttaa koneen kuormitusasteeseen ja sen myötä myös korjuutappioihin. (Oristo & Oristo 2011, 33)

Peltotyökoneilla työskennellessä kuljettajan pitää keskittyä useaan asiaan samanaikaisesti. Muun muassa nurmen lannoituksessa ja kasvinsuojelussa kuljettaja joutuu jatkuvasti arvioimaan oikeaa ajolinjaa. Samanaikaisesti pitäisi myös pystyä keskittymään työkoneen säätöjen tekemiseen. Tämä saattaa olla haastavaa jopa kokeneelle kuljettajalle. Ajouraopastimesta oikea ajolinja on helppo tulkita, ja kuljettaja pystyy keskittymään myös muuhun oleelliseen. Työn laatu paranee, eikä virheitä synny. Opastin antaa myös mielenrauhan, sillä laitteesta näkee ajettut kohdat, eikä kuljettajan tarvitse miettiä, mistä on tullut ajettua (Koivisto 2010, 20).

Ajouraopastimen myötä ajosuunta peltolohkolla on vapaammin valittavissa. Tällöin vältetään maan tiivistymiseltä, jota ilmenee ajettaessa aina samaan suuntaan, suorimman sivun mukaisesti. Päistekuormitusta saadaan jaettua tasaisesti pelto-

lohkon kaikille sivuille vaihtelemalla ajosuuntaa eri ajokerroilla. (Härkönen 2012, 23)

Suomessa säilörehusta saatavat sadot vaihtelevat eri tilojen välillä jopa useita tuhansia kuiva-aine kiloja hehtaaria kohden. Samalla säilörehun kustannukset, snt/kg, vaihtelee tilojen välillä huomattavasti. Kustannuksiin vaikuttaa moni tekijä, yhtenä niistä nurmen lannoitus ja sen onnistuminen. Oikein ajoitetulla ja tarkalla lannoituksella saavutetaan parempi taloudellinen tulos ja kilpailuetua muihin viljelijöihin.

Nurmen lannoituksessa ajankohdalla on merkitystä. Etenkin ensimmäisen korjuukerran jälkeen suoritettava lannoitus on hyvin tarkasti ajoitettava, sillä nurmen on päästävä nopeasti kasvuun. Lannoitus joudutaan siis usein suorittamaan haastavissa olosuhteissa, sillä haittana saattavat olla illalla auringon voimakas vastavalo tai yön pimeys. Ajouraopastin helpottaa ja tarkentaa työskentelyä merkittävästi juuri tällaisissa olosuhteissa.

Nurmiviljelyssä ajouraopastimen tarpeellisuus on tilakohtainen asia. Laitteen tuomat edut pystytään arvioimaan vasta sen käyttöönoton jälkeen. Eräässä tapauksessa opastimen myötä tarkentunut lannoitus säästi vuodessa 60 hehtaarin peltoalalla 4 suursäkkiä lannoitetta. (Koivisto 2010, 20)

Ajouraopastimen myötä säästetään myös luontoa turhalta kuormitukselta. Ilman opastinta lannoitteet ja kasvinsuojeluaineet saatetaan levittää varmistellen, siten että levitysurat osuvat hieman päällekkäin. Ajolinjan ollessa aina oikea käytetään tuotantopanoksia vain tarpeellinen määrä. Peltolohkon rajoittuessa vesistöön on kasvinsuojelussa otettava huomioon käytettävien aineiden suojaetäisyys vesistöön. Torjunta-aineiden suojaetäisyys vaihtelee valmisteiden mukaan. Ajouraopastimella pystytään määrittämään tarkasti tarvittava suojaetäisyys, eikä valumia vesistöön pääse muodostumaan.

Nykyaikainen kehittynyt teknologia mahdollistaa luonnon vaihtelun mukaisen täsmäviljelyn. Tämä tarkoittaa, että tuotantopanosten annostelu, sekä muut viljelytoimenpiteet kohdennetaan paikkakohtaisesti tarpeen mukaan. Taustalla tähän on ympäristön huomioimisen lisäksi sosiaaliset, eettiset sekä taloudelliset tekijät. (Pe-

sonen, Kaivosoja & Suomi 2010, 12) Ajouraopastin ja sen sisältämät sovellukset ovat oleellinen osa täsmäviljelyä.

3.2 Ajouraopastimen ominaisuudet ja lisäsovellukset

Nykypäivänä GPS- tekniikka on jokaisen saatavilla ja siitä onkin olemassa monenlaisia sovelluksia. GPS on otettu 2000- luvulla vauhdilla mukaan myös maatalouteen ja erityisesti peltoviljelyyn, josta ajouraopastin on hyvä esimerkki. Nykyisin markkinoilla olevat laitteet voidaan jakaa karkeasti kahteen kategoriaan. Yksinkertaisimmillaan laitteet ovat visuaalisia ohjausavustimia ja toisessa ääripäässä ovat monimutkaiset, traktorin ohjausjärjestelmää ohjaavat laitteet. (Avaruudesta apua maanviljelyksen haasteisiin 2006)

Laitteiden ominaisuuksista riippumatta on niiden GPS- paikannukseen perustuva toimintaperiaate samanlainen. Tekniikka on verrattavissa autoilijoiden navigaattoreihin. Tosin tieliikenn navigaattoreiden muutaman sadan euron hintaan verrattuna on maatalouteen räätälöityjen laitteiden hinta vähintään kymmenen kertaa kalliimpi. Hintaero selittyy laitteiden muiden ominaisuuksien lisäksi niiden paikannustarkkuudella. Maataloudessa vaaditaan huomattavasti parempaa paikannustarkkuutta kun tieliikenteessä. (Avaruudesta apua maanviljelyksen haasteisiin 2006)

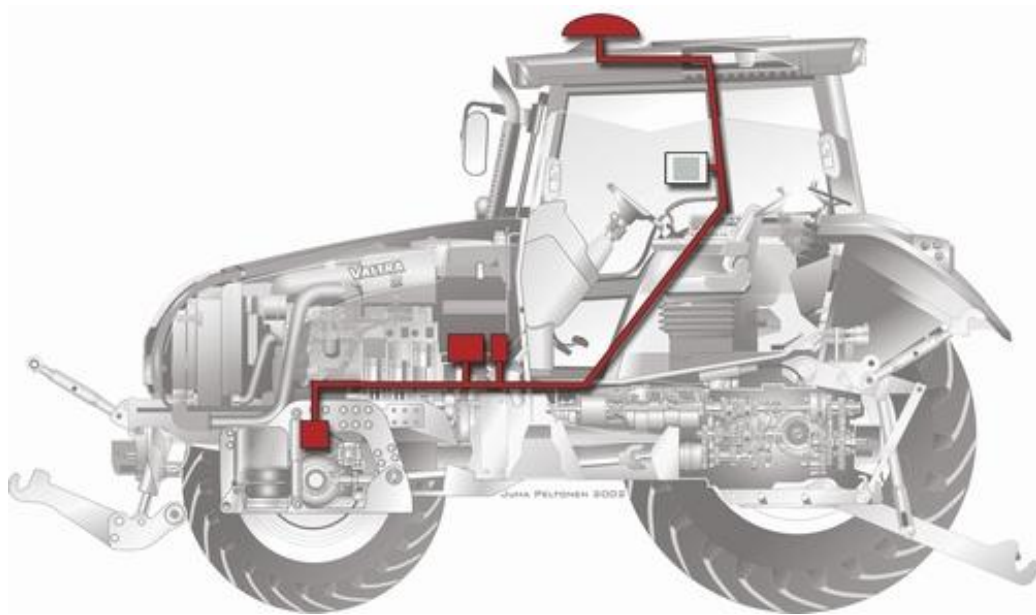
Ajouraopastimia on saatavilla usealta eri valmistajalta. Laitteiden ominaisuudet vaihtelevat runsaasti mallista riippuen. On tapauskohtaisesti mietittävä, mistä hintaluokasta ja millainen laite sopii kullekin tilalle. Valintaan vaikuttaa muun muassa nykyinen tuotantotekniikka. Syytä on myös huomioida tulevaisuuden tarpeet, sillä laitteen tulisi tukea mahdollisesti myöhemmin tarvittavia lisäominaisuuksia.

Perusajatus ajouraopastimissa on neuvoa kuljettajalle oikea ajolinja pellolla työskenneltäessä. Kuljettaja on siis vastuussa koneen ohjauksesta, opastin vain kertoo oikean ajolinjan. Laitteet näyttävät led- valojen tai näytön avulla, mihin suuntaan kuljettajan on ohjattava, jotta pysytään halutulla reitillä (Avaruudesta apua maanviljelyksen haasteisiin 2006). Ajouraopastimeen asetetaan ennen työskentelyä muun muassa peltotyökoneen työleveys ja ajotapa, kuinka peltoa halutaan kiertää.

3.2.1 Automaattiohjaus

Kun viljelytoimia halutaan vielä enemmän automatisoida, eikä pelkkä ajo-opastus riitä, on seuraava askel automaattiohjaus. Laitteet pitävät koneen oikealla uralla huomattavasti tarkemmin kuin ihminen. Yksinkertaisin ja edullisin ratkaisu automaattiohjausjärjestelmäksi on traktorin hyttiin ohjausakselille ratin alapuolelle asennettava ohjausmoottori. Sähkömoottori pyörittää ohjauspyörän kehään nojaavaa kitkarullaa. Kalliimpi vaihtoehto toteuttaa automaattiohjaus on suora traktorin ohjaushydrauliikkaa ohjaava järjestelmä. Ohjaushydrauliikkaan asennettava suuntaventtiili pitää sähköhydraulisesti koneen oikealla uralla. (Härkönen 2012, 20)

Kun laitteistoa käytetään useammassa työkoneessa, esimerkiksi traktorissa ja puimurissa, on oleellista, että laitteisto on helppo irrottaa ja asentaa toisen koneeseen (Roberts 2005, 62). Siirrettävyydessä on eroja, riippuen kuinka automaattiohjaus on toteutettu.



Kuva 3 Traktorin ohjaushydrauliikkaan asennettava automaattiohjausjärjestelmä (Avaruudesta apua maanviljelyksen haasteisiin 2006).

Traktorin omaa ohjaushydrauliikkaa hallitseva automaattiohjausvalmius on saatavana usealta traktorivalmistajalta. Ensiasennuksena valmius on saatavana muun muassa Case, Fendt, John Deere, Massey Ferguson, New Holland sekä Valtra traktoreihin. (Automaattiohjaus: hydrauliikka, [viitattu 20.3.2013]) Tällöin jälkikä-

teen hankittu ajouraopastin automaattiohjausominaisuudella on helppo asentaa. Antenni kiinnitetään katolle ja ohjaamoon asennetaan keskusyksikkö, näyttö sekä modeemi. Nämä komponentit liitetään toisiinsa johtosarjalla ja kokonaisuus yhdistetään traktorin CAN- väylään (Kuva 3 Traktorin ohjaushydrauliikkaan asennettava automaattiohjausjärjestelmä (Avaruudesta apua maanviljelyksen haasteisiin 2006).). (Härkönen 2012, 22)

Profi-lehden (Böhrnsen & Holtmann 2011, 47) testissä vertailtiin ajouraopastimia liittämällä ne automaattiohjausvalmiudella varustettuun Fendt 820 Vario traktoriin. Vertailussa olivat Reichhardt, Topcon ja Trimble ajouraopastimet. Kaikilla kolmella laitteella saavutettiin erinomainen tarkkuus työskenneltäessä. Eroja laitteiden välillä on lähinnä käytettävyydessä.

3.2.2 Lohkoautomaatiikka

Osa ajouraopastimista pystytään varustamaan työkoneen lohkoautomaatiikalla. Toimintoa pystytään hyödyntämään muun muassa kasvinsuojelussa, lannoitteenlevityksessä tai kylvötyössä. Automaatio sulkee työkoneen lohkoja tai syöttölaitteen juuri oikeassa kohtaa ja näin minimoi päällekkäisen ajon. Toiminto on varsin hyödyllinen kiilamaisilla lohkoilla tai vinoissa päisteissä. (Härkönen 2012, 22) Lohkoautomaatiikka helpottaa kuljettajan työskentelyä merkittävästi, minkä lisäksi myös tuotantopanoksia säästyy. Kuljettajan hallitessa työlaitetta tapahtuu kylvö tai lannoitus hieman varmistellen, siten että mieluummin ajetaan esimerkiksi päisteessä hieman päällekkäin kuin jätetään jokin kohta käsittelemättä. Lohkoautomaatiikan avulla ei tule päällekkäisajoa.

Ajouraopastimeen liitettävä kuvan (Kuva 4 Trimble EZ-Boom lohkoautomaatiojärjestelmä (EZ-Boom lohkoautomaatio, [viitattu: 22.3.2013]).) lohkoautomaatiojärjestelmä toimii yhdessä minkä tahansa sähköventtiileillä varustetun työkoneen kanssa. Tyypillisin käyttökohde on kasvinsuojeluruisku. Järjestelmällä pystytään automatisoimaan kymmenen eri lohkoa.



Kuva 4 Trimble EZ-Boom lohkoautomaatiojärjestelmä (EZ-Boom lohkoautomaatio, [viitattu: 22.3.2013]).

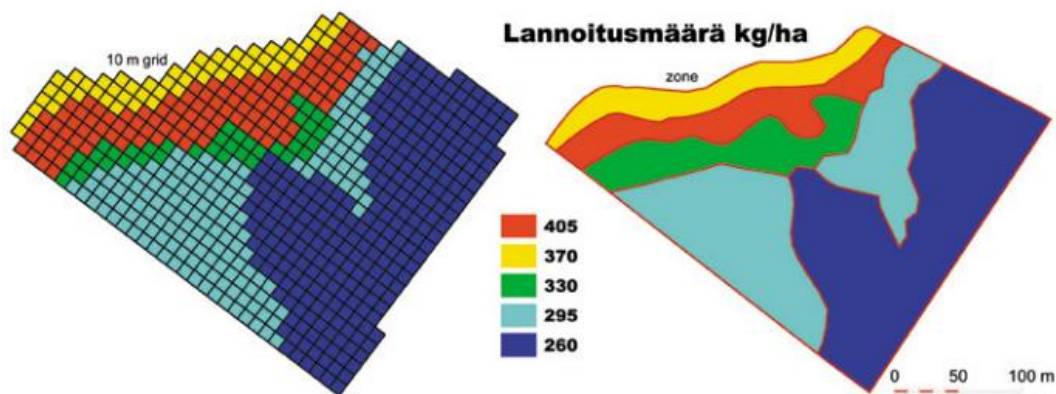
3.2.3 Täsmäviljely

Edistyneimpänä ajouraopastimen mahdollistamasta sovelluksesta voidaan pitää täsmäviljelyä. Tällöin tuotantopanokset, kuten lannoitteet tai kalkki levitetään viljelylohkolle täsmänä, eli paikkakohtaisesti tarpeen mukaan (Pesonen ym. 2010, 12). Täsmäviljelyn perustana on satokartoitus, johon materiaali voidaan kerätä sadonkorjuun yhteydessä tai vaikkapa lehtivihreäpitoisuutta mittaavilla sensoreilla. Kerätyn satokartan perusteella tuotantopanokset annostellaan paikkakohtaisesti. (Härkönen 2012, 24)

Täsmäviljelyssä satelliittipaikannusta käytetään kahteen päätarkoitukseen. Satokartoitusta tehdessä paikannuksen avulla saadaan kullakin hetkellä oikeat koordinaatit, eli sijainti kartalla. Satokartan perusteella tehtävässä lannoituksessa puolestaan paikannusta tarvitaan, jotta löydetään aina tietty paikka peltolohkolla. (Pesonen ym. 2010, 13)

Toteutettaessa täsmäviljelyä saadaan tiedot levitysmääristä joko ennakoon kerätyistä datasta tai sensoreiden avulla levityksen aikana. Nämä kaksi tiedonkeruuta-

paa voidaan myös yhdistää. Peltolohkolla työkonne annostelee tuotantopanoksia eri määrän kullekin kasvupaikalle, eli niin sanotulle vyöhykkeelle. Monessa viljelysuunnitteluohjelmassa on karttaosio, jolla pystytään esittämään kerättyjä paikkatietoja kuvina (Kuva 5 Peltolohkon lannoitusvyöhykkeet (Pesonen ym. 2010, 21).). (Pesonen ym. 2010, 20–21)



Kuva 5 Peltolohkon lannoitusvyöhykkeet (Pesonen ym. 2010, 21).

3.2.4 Kameran

Ajouraopastimiin, joissa on suuri näyttö, pystytään useimmiten liittämään yksi tai useampi kamera. Tällöin opastimen toimiessa näyttöpäätteenä pystytään kameran välityksellä seuraamaan sellaisia työkonneen toimintoja, joihin ei ole suoraa katsekontaktia. (Härkönen 2012, 22) Käytettäessä kameraa ajouraopastimeen kautta ei työkonneen ohjaamoon tarvitse asentaa lisää näyttöjä.

Traktorilla vedettävät perävaunut ovat nykyään niin suuria, ettei näkyvyyttä taakse ole muuta kuin hyvin suunnattujen peilien kautta, ja katvealueista muodostuu suuria. Myös monen muun työkonneen kohdalla kamera parantaa näkyvyyttä, jonka myötä myös työturvallisuus paranee merkittävästi. Asennuskohteesta riippuen on markkinoilta valittavissa langallisia ja langattomia kameroita. Työkoneisiin tyypillisesti helpompi ratkaisu on langaton kamera, sillä sen asentaminen ei vaadi erillisiä toimia. Tarvitaan ainoastaan virta, esimerkiksi perävaunun valoista. Langaton kamera on myös vaivattomampi siirtää työkonneesta toiseen. Valmistajien mukaan kamerat kestävät hyvin haastavia olosuhteita, kuten pakkasta ja painepesua. (Eskola 2012, 38)

Kuvan (Kuva 6 Ajouraopastimeen liitettävä kamera (Digitaalikamera ajouraopastimelle, [viitattu: 22.3.2013]).) teräsrunkoinen kamera on tehty kestäämään. Kameral-la pystytään myös välittämään selkeää kuvaa täydessä pimeydessä tai suorassa auringonpaisteessa. (Digitaalikamera ajouraopastimelle, [viitattu: 22.3.2013])



Kuva 6 Ajouraopastimeen liitettävä kamera (Digitaalikamera ajouraopastimelle, [viitattu: 22.3.2013]).

3.3 Laitteiden yhteensopivuus

Ajouraopastimen käyttökohteet ja tarpeellisuus on tilakohtainen asia. Kuten kaikis-sa muissakin koneissa, on laitteen hankinta suunniteltava huolella. Ennen osto-päätöstä on kartoitettava nykyisten käyttökohteiden lisäksi myös tulevaisuuden tarpeet. Laitteen käyttöikä on vähintään viisi vuotta, jonka aikana tulee todennä-köisesti myös uusia käyttökohteita. Erityisesti huomiota kannattaa kiinnittää laittei-den yhteensopivuuteen.

Työkoneiden automaatiota toteutettaessa ajouraopastimen täytyy olla yhteensopi-va kyseessä olevien koneiden kanssa. Yhteensopivuus vaihtelee paljon merkistä ja mallista riippuen. Esimerkiksi Trimblen maahantuoja ilmoittaa automaation ole-van yhteensopiva muun muassa Hardi, Amazone, Väderstand sekä Bogballe työ-koneiden kanssa (Työlaitteiden automaatio, [viitattu: 26.3.2013]).

Useimmat ajouraopastimet ovat ISOBUS yhteensopivia, mikä lisää laitteen käytet-tävyyttä. John Deere GreenStar -opastin voidaan liittää työkoneeseen ISOBUS

liittimellä ja korvata kokonaan esimerkiksi paalaimen tai kasvinsuojeluruiskun ohjainyksikkö (Oristo & Oristo 2011, 34).

Työkoneen automaatiojärjestelmän käyttäjäkokemusten perusteella on tullut esille että laitteiden myyjällä tulee olla riittävä ammattitaito. Laitteen käytössä tulee olla saatavilla tarvittaessa apua oston jälkeenkin. Käytössä ilmeneviä ongelmatilanteita ei voi etukäteen tietää. Helpoiten apua saa puhelimitse, vaikkapa keskeltä työmaalta. (Koivisto 2010, 21)

4 AJOURAOPASTIN- JÄRJESTELMÄN TOTEUTUS

Kyseessä olevalle tilalle ajouraopastimen hankintaa on suunniteltu muutaman vuoden ajan. Kasvanut viljelyala ja lannoitteiden hinnan nousu ovat pistäneet miettimään keinoja etenkin nurmen lannoituksen tarkentamiseen. Käyttäjäkokemuksia on kyselty tutuilta viljelijöiltä, jotka ovat ajouraopastimen jo hankkineet. Samalla on seurattu laitteiden teknistä kehitystä ja hintoja. Oleellista on, että hankittava tekniikka on suhteellisen tuoretta ja laite palvelee myös tulevaisuuden tarpeita.

4.1 Tilan olosuhteet

Tila sijaitsee Satakunnan pohjoisosassa, jossa on meneillään tilusjärjestely. Osa tilan lohkoista on jo entuudestaan suuria, ja tilusjärjestelyn myötä pienet lohkot tulevat vaihtumaan isoiksi peltolohkoiksi. Tila on myös viimeaikoina raivannut joutomaasta peltoa. Pellon raivauksen yhteydessä lohkot myös salaojitetaan, joten sarkaojitettua peltoa on vain pieni osa kokonaispeltoalasta. Suuret lohkot ovat siinä helppoja viljellä, mutta tietyissä tilanteissa siitä muodostuu ongelma. Etenkin nurmea lannoittaessa oikean ajolinjan hahmottaminen riittävän tarkasti saattaa olla lähes mahdoton tehtävä. Tilan olosuhteissa ajouraopastin toisi merkittävästi lisää tarkkuutta nurmen lannoitukseen.

Tärkein käyttökohde ajouraopastimelle tulee olemaan nurmen lannoitus. Lannoitteenlevityskalustona tilalla on hinattava keskipakolevitin, joka on varustettu suursäkinosturilla. Kun muutoin tehokas kalusto varustetaan ajouraopastimella, pystytään yhdistelmällä suorittamaan jopa raskasta urakointityötä. Muita ajouraopastimella tehtäviä peltotöitä tilalla tulee olemaan muun muassa kasvinsuojelu.

4.2 Laitteistolta vaadittavat ominaisuudet

Hankittavan ajouraopastimen tulee palvella nykyisten käyttötapojen lisäksi myös tulevaisuuden tarpeita. Laitteen käyttöikä on oltava vähintään viisi vuotta, joten tekniikan tulee olla suhteellisen tuoretta. Ajouraopastimien ominaisuudet vaihtelee-

vat paljon merkistä ja mallista riippuen. Laitteessa on oltava seuraavat ominaisuudet:

1. Ajo-opastus selkein symbolein
2. Mahdollisuus automaattiohjaukseen hydrauliiikan kautta
3. Lohkoautomaatiikka kasvinsuojelussa
4. Liitännät kahdelle kameralle
5. Lannoitteenlevityksen automaatio

Aluksi ajouraopastinta tullaan hyödyntämään ainoastaan ajo-opastukseen. Tulevaisuudessa tullaan tarvitsemaan myös muita ominaisuuksia. Esimerkiksi uusittaessa lannoitteenlevitin, tullaan sen käyttö automatisoimaan ajouraopastimella.

Ajouraopastimella tulee työskentelemään useampi henkilö, joten laitteen olisi syytä olla selkeä ja helppokäyttöinen. Uusi tekniikka ei saa hidastaa työsuoritusta. Tilalla käytetään samoja traktoreita peltoviljelyn lisäksi myös turvetuotantoon, joten ajouraopastin tulisi olla helposti irrotettavissa, jolloin laite ei turhaan altistu pölylle ja kuumuudelle.

4.3 Laitteiston hankinta

Ajouraopastimen hankinnan yhteydessä tehtiin vertailua eri laitteiden välillä. Konemessuilla laitteisiin oli mahdollisuus tutustua demoni maahantuojan esittelemänä. Tärkeimpänä kriteerinä pidettiin laitteen ominaisuuksia, jonka lisäksi valintaan vaikutti myös hinta. Muutamasta eri laitteesta pyydettiin tarjoukset, joiden perusteella tehtiin ostopäätös. Paras tarjous saatiin jo entuudestaan tutulta myyjältä. Ajouraopastin onkin syytä ostaa ammattitaitoiselta ja luotettavalta myyjältä, sillä mikäli laitteen käytössä tarvitaan apua, on sitä oltava helposti saatavilla.

Ajouraopastimeksi valikoitui Trimblen CFX-750. Trimble on johtava sijaintiin liittyvien ratkaisujen valmistaja. Geotrim Oy on Suomessa valtuutettu maahantuoja. (Trimble, [viitattu: 3.4.2013]). Ajouraopastimia Trimble valmistaa kolmea mallia eri hintaluokkiin, joista CFX-750 on keskimmäinen. Trimble CFX-750 täyttää kaikki vaaditut ominaisuudet hinnan ollessa kohtuullinen.

Trimble CFX-750 laitteen mukana toimitetaan ajouraopastimen lisäksi antenni, tarvittavat johdot, jalusta sekä aloitusopas. Varsinainen ohjekirja on tallennettu ajouraopastimen muistiin, jonka kautta se on luettavissa. Laitteen valikot ovat suomenkieliset. Laite tuntuu varsin tukevalta ja on melko painava, sillä runko on valmistettu metallista. Kosketusnäyttö on kahdeksan tuuman kokoinen, jonka yläpuolella opastusvaloina toimii 27 led- valoa.

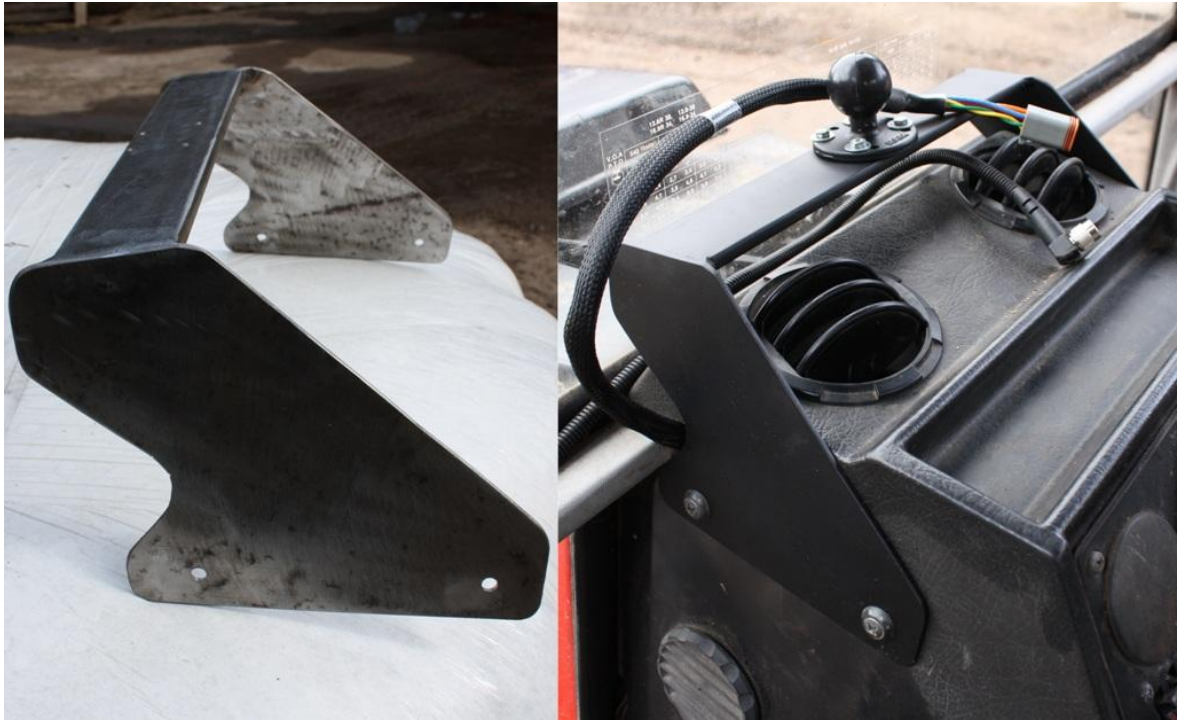
4.4 Laitteiston asennus

Tilalla panostetaan voimakkaasti nurmiviljelyyn. Kokeilun myötä on todettu, että nurmi kannattaa lannoittaa todella aikaisin, heti vapun jälkeen. Tällöin ajouraopastinta tullaan siis ensimmäistä kertaa käyttämään. Laite asennetaan vanhempaan nelisylinteriseen traktoriin, jolla nurmen lannoitus suoritetaan. Asennus on tarkoitettu tehdä huolella, mutta siten, että koko järjestelmä johtoineen voidaan tarvittaessa kohtuullisen pienellä vaivalla purkaa ja asentaa toiseen traktoriin.

Laitteiston asennuksen ensimmäinen vaihe oli löytää ajouraopastimelle traktorin hytistä sopiva paikka ja kiinnittää se laitteen mukana tulevan jalustan avulla. Käytännössä laite voidaan sijoittaa kuljettajan oikealle puolelle sivukonsoliin tai kojelautaan, ohjauspyörän yläpuolelle. Laitteen kosketusnäyttöä on helpompi käyttää sen ollessa kiinnitettynä sivukonsoliin. Kojelautaan kiinnitettynä puolestaan laite on huomattavasti paremmin kuljettajan näkökentässä, ja näin ollen sitä on helpompi seurata. Kyseessä olevassa traktorissa luonteva paikka ajouraopastimelle löytyikin kojelaudan päältä. Tällöin laite ei ole tiellä tai rajoita kuljettajan näkökenttää hytistä ulos.

Traktorin kojelaudan runko on metallinen ja katettu muovilla. Ajouraopastimen jalustaa ei voi kiinnittää suoraan muoviin, joten sitä varten on tehtävä metallinen teline, joka kiinnitetään kojelaudan runkoon. Teline valmistettiin 3mm paksuisesta metallilevystä ja lattaraudasta. Valmiiksi hitsattu teline vielä maalattiin mustaksi (Kuva 7 Teline valmiiksi hitsattuna, sekä maalattuna ja kojelautaan asennettuna.). Jalustan avulla kiinnitetty ajouraopastin tuntui pysyvän paikallaan tukevasti. Trak-

torilla ajettaessa tärinä ei heiluta ajouraopastinta, sillä jalusta on valmistettu osin vaimentavasta kumista.



Kuva 7 Teline valmiiksi hitsattuna, sekä maalattuna ja kojelautaan asennettuna.

Seuraava vaihe laitteen asennuksessa oli paikannusantennin kiinnittäminen traktorin hytin katolle. Antenni kiinnittyy magneetin avulla, joten asentaminen oli varsin helppoa. Laitteen mukana toimitetaan myös metallinen levy, jonka voi tarvittaessa liimata alustaksi, jos katon materiaali on lasikuitua tai muovia.

Viimeinen vaihe asennuksessa oli virta- ja antennijohdon asentaminen. Sulakkeella varustettu virtajohto kiinnitettiin suoraan traktorin akkuun, joka sijaitsee konetilassa. Virtajohto vietiin kojelaudan sisään, josta se saatiin läpiviennin kautta konetilaan. Antennijohto vietiin hytin kulmapilaria pitkin traktorin katolle, jossa antenni sijaitsee. Ulos katolle antennijohto saatiin työvalojen läpiviennistä.

Laitteen asennus onnistui vaivattomasti ja lopputulos oli siisti. Työläin vaihe oli kojelautaan kiinnitettävän telineen valmistaminen metallista. Aikaa asennukseen kului kaikkiaan noin viisi tuntia, josta kaksi tuntia kului telineen valmistamiseen ja tunti asennuksen suunnitteluun.

4.5 Laitteiston käyttöönotto

Ajouraopastin käyttöönotettiin huhtikuun lopussa, jolloin peltotyöt eivät olleet vielä alkaneet. Laitetta testattiin ajamalla pellolla ilman työkonetta. Käyttöä onkin hyvä harjoitella ennen peltotöiden alkamista.

Laitteen käyttöönoton yhteydessä todettiin Egnos korjaussignaalin toimivan yllättävän hyvin. Laite sai heti käynnistämisen jälkeen yhteyden etelätaivaalla korjaussignaalia lähettävään Artemis satelliittiin, huolimatta siitä, että edessä oli rakennuksia ja runsaasti puita. OnPath ominaisuuden ansiosta korjaussignaali säilyy jouduttaessa hetkellisesti katvealueeseen. Kaikkiaan satelliitteja laite löysi koeajon aikana keskimäärin kymmenen. Näytössä näkyvä HDOP luku kertoo kuinka suotuisassa asennossa satelliitit ovat toisiinsa nähden. Kun satelliitit ovat kaukana toisistaan, on HDOP luku pieni, esimerkiksi 0,8, jolloin myös paikannustarkkuus on hyvä.



Kuva 8 Ajouraopastimen näkymä työskenneltäessä.

Ajouraopastimen käyttö aloitetaan luomalla kyseessä oleva peltolohko, ellei se jo ole valmiina laitteen muistissa. Peltolohkolle annetaan nimi, sekä määritetään muun muassa työkonteen leveys ja ajotapa. Valittavana on kuusi eri ajotapaa, jois-

ta tyypillisin on päisteajo. Kun ajotavaksi on valittu esimerkiksi päisteajo, ajetaan lohko ympäri, jolloin laite oppii pellon reunat. Lisäksi asetetaan ajolinjojen suunta esimerkiksi pisimmän reunan mukaan, jonka jälkeen opastin määrittää ajolinjat koko lohkolle. Päisteessä kuljettaja valitsee vapaasti minkä tahansa ajolinjan ja laite alkaa automaattisesti opastaa kyseisen ajolinjan mukaan. Kosketusnäytöstä painetaan peltoalueen tallennus päälle lähdettäessä päisteessä liikkeelle ja laite alkaa näytöllä maalata käsiteltyä alaa keltaisella (Kuva 8 Ajouraopastimen näkymä työskenneltäessä.). Ajamaton kohta näkyy näytöllä vihreänä ja päällekkäin ajettu tummalla keltaisella.

Ajouraopastimen käyttö tuntui pienen opetteluun jälkeen varsin luontevalta. Laite on silmien alla hyvin esillä ja kosketusnäyttöä on helppo käyttää. Valikot ja asetukset laitteessa ovat melko johdonmukaiset ja helposti omaksuttavissa, vaikkei ohjekirjaan olisi perehtynyt. Aluksi kuljettaja katsoo ajaessa helposti pelkästään laitteen näyttöä. Oikean ajotyylin oppii kuitenkin helposti pitämällä katse normaalisti pellon pinnassa ja seuraamalla laitetta vain sivusilmällä.

5 POHDINTAA

Satelliittien paikannustarkkuus parani muutaman metrin tarkkuuteen 2000- luvun alussa, kun tahallinen häirintäsignaali poistettiin käytöstä. Vuonna 2009 saataville tuli ilmainen Egnos korjauspalvelu, joka paransi paikannustarkkuutta merkittävästi lisää. Tämä mahdollisti monia uusia paikannussovelluksia myös peltoviljelyyn.

Viimeisen viiden vuoden aikana ajouraopastimien tekniikka on kehittynyt nopeasti. Lähes jokaista nykypäivän ajouraopastinta ohjataan kosketusnäytön avulla. Edullisimmillaan laitteen saa reilulla tuhannella eurolla. Halvimpien laitteiden ominaisuudet eivät kuitenkaan riitä muuta kuin peruskäyttöön. Kalliimpien laitteiden hinnat alkavat noin 2 000-3 000 eurosta. Tämän hintaluokan laitteilla on mahdollista toteuttaa esimerkiksi automaattiohjaus.

Ajouraopastimiin on saatavana erilaisia paikannustarkkuutta parantavia korjauspalveluja. Pelkkä GNSS signaali ilman mitään korjaussignaalia on käytännössä liian epätarkka peltoviljelyyn. Ajouraopastimet pystyvät hyödyntämään ilmaista Egnos korjauspalvelua, joka parantaa paikannusta huomattavasti. Egnos- signaalia lähettävä satelliitti sijaitsee tosin melko alhaalla horisontissa, joten ongelmaksi muodostuu helposti katvealueet, esimerkiksi metsän reunassa. Huomattavasti tarkempia, mutta myös maksullisia korjauspalveluja ovat RTK ja VRS. Oman RTK tukiaseman hinnaksi muodostuu tuhansia euroja, joten peltoviljelyssä huomattavasti varteenotettavampi vaihtoehto on VRS, jolloin erillistä tukiasemaa ei tarvita, vaan signaali vastaanotetaan tukiasemaverkolta. Signaalin pystyy vastaanottamaan jopa älypuhelimella, jolla se siirretään eteenpäin ajouraopastimelle. Lisenssi VRS verkon käyttöä varten maksaa vuodessa noin 600 euroa.

Etenkin paikannustarkkuuden ollessa hyvä saadaan automaattiohjauksen avulla laitteistosta kaikki hyöty. Automaattiohjaus ohjaa traktoria kuljettajaa tarkemmin, minkä lisäksi kuljettaja pystyy keskittymään ohjaamiseen sijasta työkoneen säätämiseen. Moneen traktorimerkkiin saa tehdasasennuksena automaattiohjausvalmiuden. Järjestelmä pystytään toteuttamaan myös jälkiasennuksena. Järjestelmän hinnaksi saattaa muodostua jopa kymmeniä tuhansia euroja, joten varteenotettava vaihtoehto automaattiohjaus on lähinnä urakointiin ja suurille pinta-aloille.

Ajouraopastimella pystytään saavuttamaan kilpailuetua muihin yrittäjiin etenkin urakoinnissa. Vuosittaisten pinta-alojen ollessa suuria, on myös automaattiohjaus ja VRS- palvelu perusteltua hankkia. Kun järjestelmään lisätään vielä työkoneen automaatio, on urakoitsijan helppo markkinoida palvelujaan nykyaikaisena ja laadukkaana.

Ajouraopastin myös hankittiin ja asennettiin tilalle. Hankinnan yhteydessä laitteen ominaisuuksille asetettiin tilan tarpeita vastaavat vaatimukset. Tavoitteena oli, että laite palvelee myös tulevaisuuden tarpeita. Laittevalinnassa päädyttiin Timble CFX-750 ajouraopastimeen, jonka 2218 euron hankintahintaa pidettiin kohtuullisena. Laitteen asennuksessa ei muodostunut merkittäviä kuluja.

Ennen kevään peltotöitä ajouraopastimen käytettävyyttä testattiin ajamalla traktorilla peltolohkolla ilman työkonetta. Laitteen käytettävyys osoittautui hyväksi. Laitteen asennusta ja sijoittelua voidaan pitää onnistuneena ja käytännöllisenä. Koeajon aikana paikannustarkkuus pysyi hyvänä ja Egnos- korjaussignaali säilyi myös lyhyissä katvealueissa.

Hyvän käytettävyyden ja paikannustarkkuuden ansiosta laitteella pystytään tarkentamaan nurmen lannoitusta. Ajouraopastimesta tulee olemaan merkittävästi hyötyä etenkin suurilla peltolohkoilla, sillä oikeaa ajolinjaa ei tarvitse enää arvailla. Kalliit tuotantopanokset pystytään kohdentamaan oikein.

Tilalla on tulevaisuudessa tarkoitus hankkia ajouraopastimeen lisää ominaisuuksia. Hankitulla laitteella pystytään toteuttamaan esimerkiksi automaattiohjaus. Lisäominaisuuksia hankitaan vähitellen. Tällöin laitteiden käytön opettelu on helpompaa ja pysytään selvillä, mikä on käytettävyydeltään hyvää tai vastaavasti vaatii kehittämistä.

Jatkotutkimuksen aihe voikin olla ajouraopastimen siirtäminen automaattiohjausvalmiudella varustettuun traktoriin ja parantaa paikannustarkkuutta VRS korjauksella, jonka signaali vastaanotetaan älypuhelimella. Etukäteen olisi syytä selvittää järjestelmän hinta ja VRS korjauspalvelun vuosimaksu.

LÄHTEET

- Airos, E., Korhonen, R. & Pulkkinen, T. 2007. Satelliittipaikannusjärjestelmät. Helsinki: Puolustusvoimien teknillinen tutkimuslaitos. Julkaisuja 12.
- Automaattiohjaus: hydraulikka. [Verkkosivu]. Trimble. [Viitattu 20.3.2013]. Saatavana: <http://www.geotrim.fi/tuotteet/agri/automaattiohjaus-hydraulikka>
- Avaruudesta apua maaviljelyksen haasteisiin. 18.9.2006. [Verkojulkaisu]. [Viitattu: 12.3.2012]. Saatavana: <http://www.valtra.fi/news/2006/814.asp>
- Böhrnsen, A. & Holtmann, W. 2011. Taking the retro route. Profi international (6), 42-47.
- Digitaalikamera ajouraopastimille. [Verkkosivu]. [Viitattu: 22.3.2013]. Saatavana: <http://www.geotrim.fi/shop/digitaalikamera-ajouraopastimille/?navdisp=1449>
- Eskola, L. 2012. Katvealueet haltuun. Koneviesti 60 (6), 38.
- EZ-Boom lohkoautomaatio. [Verkkosivu]. [Viitattu: 22.3.2013]. Saatavana: <http://www.geotrim.fi/shop/aggps-ez-boom-lohkoautomaatio/?navdisp=1446>
- Haapala, H., Hirvenoja, M. & Pesonen, L. 1994. Kolmiulotteinen paikannusmenetelmä säätötekniikan perustaksi peltoviljelyyn. Helsinki: Helsingin yliopisto. Maatalousteknologian julkaisuja 14.
- Härkönen, H. 2012. Ajouraopastimesta automaattiohjaukseen. Koneviesti 60 (6), 20-24.
- Koivisto, H. 2010. Kiva turhake vai välttämätön paha?. Koneviesti 58 (7), 20-21.
- Kotilainen, S. 5.10.2011. GPS- paikannus paljon tarkemmaksi. [Verkojulkaisu]. [Viitattu: 20.3.2013]. Saatavana: http://www.tietokone.fi/uutiset/gps_paikannus_tarkentuu
- Laurila, P. 2008. Mittaus ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemi: Rovaniemen ammattikorkeakoulu. Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja D nro 3.
- Miettinen, S. 2006. GPS käsikirja. 6. uud. p. Helsinki: Genimap.
- Oristo, O. & Oristo, U. 2011. Monikäyttöinen John Deere GreenStar 1800 –ajopastin. Koneviesti 59 (6), 33-34.

- Pesonen, L., Kaivosoja, J. & Suomi, P. 2010. Täsmäviljelyn ja ravinteiden käytön tarkentaminen. Turku: TEHO-hanke. TEHO-hankkeen julkaisuja 5/2010.
- Roberts, M. 2005. Six steering systems in profi's sights. Profi international (12), 62.
- Tiusanen, J. 2013. Ajo-opastimen paikannustarkkuus. Koneviesti 61 (6), 65.
- Tiusanen, J. 2013. Sijainti tarkaksi älypuhelimella. Koneviesti 61 (6), 68.
- Trimble. [Verkkosivu]. [Viitattu: 3.4.2013]. Saatavana: <http://www.geotrim.fi/trimble/>
- Trimblen GPS-, ajouraopastin- ja täsmäviljelyratkaisut maatalouskäyttöön kaikkiin vuodenaikoihin, kaikenlaisille viljelykasveille, kaikenlaisiin maastoihin ja kaikkiin ajoneuvoihin. 2011. [Vekkojulkaisu]. [Viitattu: 20.03.2013]. Saatavana: http://www.geotrim.fi/wp-content/uploads/2011/11/022503-078F-FIN_2011_Ag_Portfolio_BRO_1110_LR.pdf
- Trimble R8 GNSS- vastaanotin. [Verkkosivu]. [Viitattu: 22.3.2013]. Saatavana: <http://www.geotrim.fi/shop/trimble-r8-gnss-vastaanotin/?navdisp=522>
- Tuure, V-M. & Suomi, P. 2008. Maatalouskoneiden viljelijää palveleva automaatio. Rajamäki: TTS tutkimus. TTS tutkimuksen tiedote, luonnonvara-ala: maatalous 608.
- Työlaitteiden automaatio. [Verkkosivu]. [Viitattu: 26.3.2013]. Saatavana: <http://www.geotrim.fi/tuotteet/agri/tyolaitteiden-automaatio/>

